Activité expérimentale : *Phénomène d'interférences*

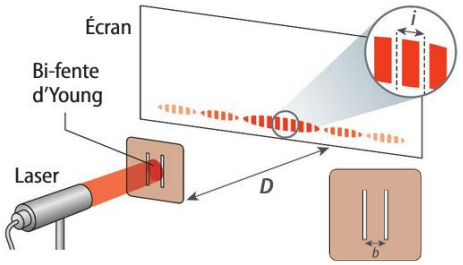
D'Isaac Newton à Christian Huygens, les scientifiques du XVII^{ème} siècle ont débattu sur la nature de la lumière. L'expérience historique de Thomas Young au XIX^{ème} siècle a permis de mettre en évidence sa caractéristique ondulatoire.

Comment déterminer la longueur d'onde d'un laser en utilisant le phénomène d'interférences ?

Objectifs :

- Caractériser le phénomène d'interférences

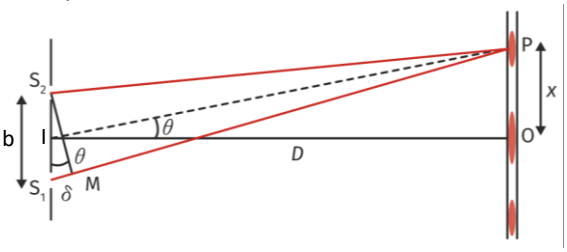
document 1 : Expérience d'Young



En 1803, Thomas Young fait passer un faisceau lumineux à travers deux fines fentes très proches taillées dans un cache placé à proximité d'un écran.
Il observe sur cet écran une succession de raies sombres et brillantes : c'est la signature d'un phénomène d'interférences lumineuses. Il observe un résultat identique lorsque la lumière passe à travers deux petits trous côte à côte.

document 2 : Différence de chemin optique

Les deux fentes se comportent comme des sources secondaires cohérentes dont les ondes lumineuses peuvent interférer. Les zones sombres correspondent à des interférences destructives, les zones brillantes à des interférences constructives : on parle de franges d'interférences. L'intensité lumineuse pour un point donné de l'écran dépend de la différence entre les chemins optiques empruntés par chaque onde lumineuse.



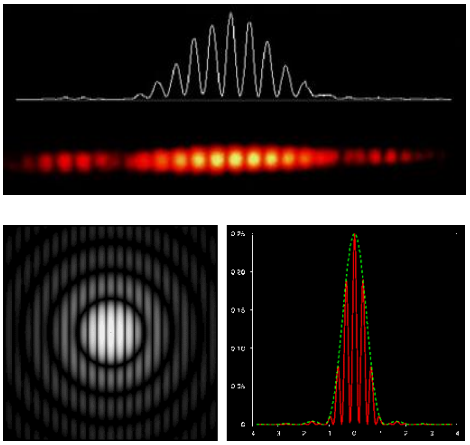
Si D est suffisamment grand et θ suffisamment petit :

$\delta = S_1P - S_2P = (b \times x)/D$

δ : différence de chemin optique (en m)
b : distance séparant le centre des deux fentes (en m)
x : position du point P (en m)
D : distance entre les fentes et l'écran (en m)

document 3 : Figures d'interférences

Figures d'interférences et diagramme en intensité obtenus avec un dispositif de fentes d'Young (*en haut*) et avec un dispositif de trous d'Young (*en bas*)



document 4 : Interfrange

On appelle interfrange i la distance séparant les centres de deux franges brillantes consécutives ou les centres de deux franges sombres consécutives. i est lié aux conditions expérimentales par la relation :

longueur d'onde du laser (en m) → **$i = (\lambda \times D)/b$** ← *écart entre les trous (en m)*, *distance fentes-écran (en m)*

L'interfrange i peut se mesurer expérimentalement. Pour une mesure précise, il est préférable de mesurer un nombre important d'interfranges.

1. Identifier les **deux phénomènes optiques** observés sur les images du ***document 3***. (ANA)

2. En travaillant dans le triangle rectangle IOP d'une part et S_1MS_2 d'autre part, et en appliquant l'approximation des petits angles, donner **deux expressions** de **θ** en fonction de b, x, D et δ. (ANA)

3. Rappeler les **valeurs** de la **différence de chemin optique** pour lesquelles les **interférences** sont **constructives**.

4. A l'aide des questions 2 et 3, déterminer l'expression de la **position x_1** du point P_1, **centre** de la **première frange brillante**, en fonction de b, D et λ. Même question concernant la **position x_2** du point P_2, **centre** de la d**euxième frange brillante**. (ANA)

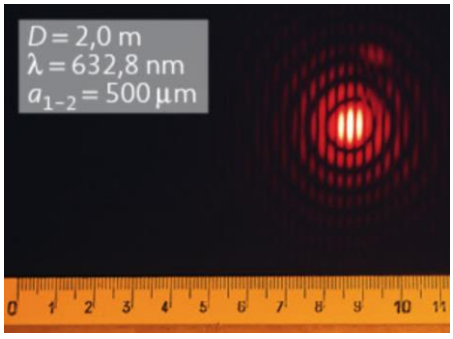
5. Retrouver, à l'aide de la réponse à la question précédente, l'**expression** de la distance séparant P_1 et P_2, appelée **interfrange i**. Vérifier, par une analyse dimensionnelle, l'**homogénéité** de l'expression de i. (ANA)

6. En réalisant le montage du document 1 en prenant une distance D minimale de 1,50 m, proposer et mettre en œuvre une méthode pour **déterminer** *précisément* la valeur de la **longueur d'onde** du **laser**. (REA)

7. A l'aide de la formule fournie ci-dessous, calculer l'**incertitude u(λ)**. En déduire un **encadrement** de λ et **conclure**.

$$\frac{u(\lambda)}{\lambda} = \sqrt{\left(\frac{u(D)}{D}\right)^2 + \left(\frac{u(i)}{i}\right)^2 + \left(\frac{u(b)}{b}\right)^2}$$

Remarque : L'incertitude-type liée à la double lecture sur une règle graduée peut être prise égale à 1 graduation/$\sqrt{6}$ et u(b)/b = 5 % d'après le constructeur. (VAL)



8. On donne l'image de la figure observée expérimentalement lorsqu'on remplace les fentes d'Young par des trous d'Young. **Calculer** l'**interfrange i** dans cette situation à l'aide des données et **vérifier** que la **valeur** obtenue est bien **compatible** avec la **photographie**. (REA)